Jb. Nass. Ver. Naturk.	112	S. 85—101	6 Abb.	Wiesbaden 1990

Der Rhein – vom Urstrom zur Wasserstraße
Wasserbauliche Maßnahmen am Mittelrhein

KARL LANGSCHIED

Mit 6 Abbildungen

Kurzfassung

Der Rhein, die derzeit meistbefahrene Binnenwasserstraße der Welt, hat sich infolge seiner ausgeglichenen Wasserführung schon von jeher für die Schiffahrt angeboten. Dieser Vorteil wurde jedoch über Jahrhunderte durch den schlechten Zustand des Strombettes und seiner Ufer stark beeinträchtigt.

Der erste großangelegte Ausbau des Rheins zur Wasserstraße erfolgte in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts von Wiesbaden bis zur holländischen Grenze (ca. 360 km). Er führte zu einer wesentlichen Verbesserung der Schiffbarkeit auf dieser Stromstrecke.

Ein besonders gefahrvoller Schiffahrtsengpaß war seit jeher der Bereich des Binger Lochs. Hier kreuzte ein Quarzitriff den Rhein und wurde zur Endstation für die Schiffahrt früherer Jahrhunderte. Erst im 17. Jahrhundert gelang es, eine 7 m breite und 1 m tiefe Öffnung in dieses Riff zu sprengen.

1964 wurde ein zweites großräumiges Ausbauprojekt zwischen St. Goar und dem staugeregelten Oberrhein (Staustufe Iffezheim) mit den beiden Hauptzielen vergrößern der Fahrrinnentiefe und beseitigen von Eng- und Gefahrenstellen begonnen. Die Ausbauplanung und die ausgeführten Bauarbeiten, insbesondere diejenigen in der Binger-Loch-Strecke, werden erläutert und ein Ausblick auf notwendige Nachregelungsmaßnahmen gegeben.

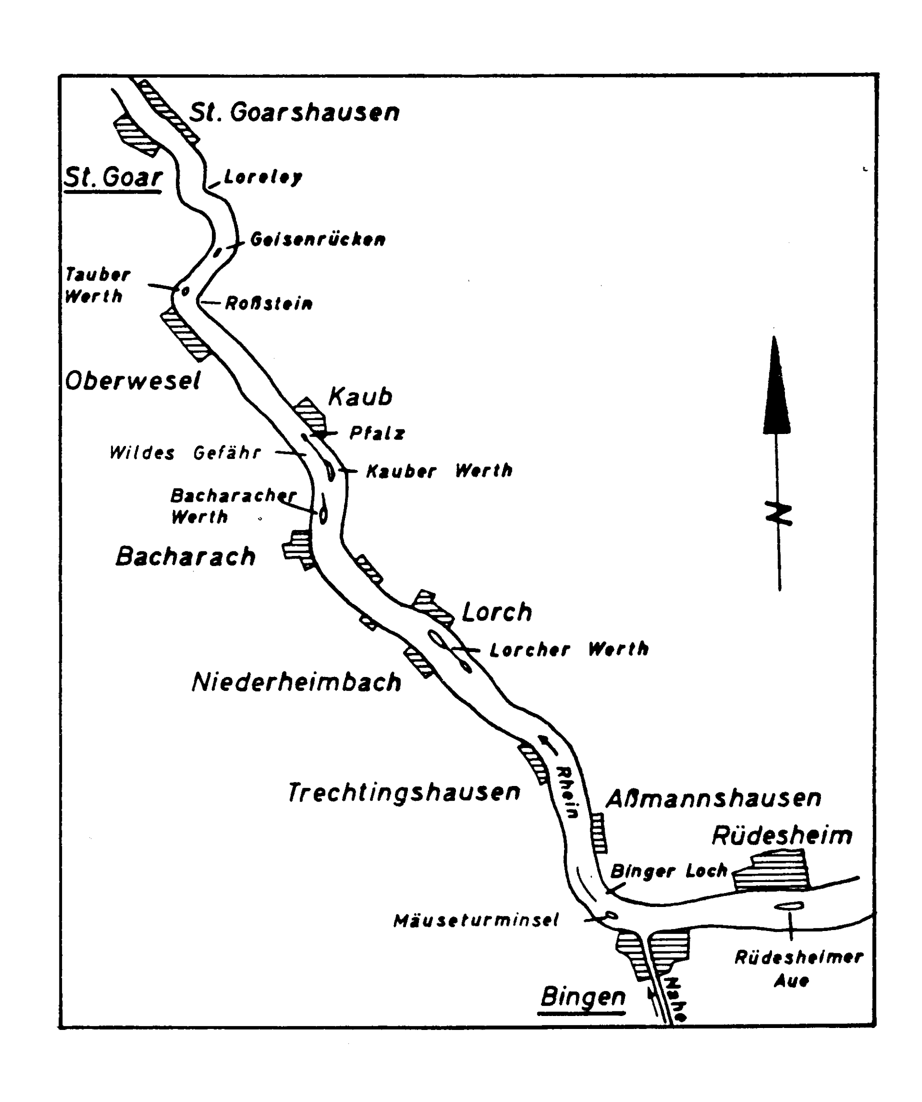


Abb. 1: Gebirgsstrecke Bingen–St. Goar

Inhalt

1. Strombaugeschichte

Der Rhein bietet sich uns heute als leistungsfähige Wasserstraße mit festgelegten, gut gesicherten Ufern, mit einer durch Regelungsbauwerke und Sohlenvertiefungen bei allen Wasserständen durchgehend benutzbaren Fahrrinne und versehen mit Einrichtungen für die Verkehrsregelung dar, auf der moderne Schiffe in großer Anzahl Güter wirtschaftlich, sicher und umweltfreundlich befördern. Der Beobachter ist sich wohl kaum bewußt, welcher Anstrengungen es bedurfte, den Urstrom „Rhein" zur meistbefahrenen Binnenwasserstraße der Welt auszubauen. Infolge seiner ausgeglichenen Wasserführung (das Verhältnis NNQ/HHQ beträgt beim Rhein rd. 1 : 15, Main rd. 1 : 200, Mosel rd. 1 : 400, Nahe rd. 1 : 500) hat sich der Rhein von jeher für die Schiffahrt angeboten. Dieser Vorteil wurde jedoch über Jahrhunderte durch den schlechten Zustand des Strombettes und seiner Ufer stark beeinträchtigt.

Vor der Erfindung der Dampfmaschine wurde Schiffahrt auf dem Rhein in der Form betrieben, daß sich die Schiffe talwärts mit der Strömung treiben ließen, zuweilen unterstützt durch Segel. Auf der Bergfahrt wurde in der Regel mit Hilfe von Pferden getreidelt, wobei der Schiffahrtsweg in Ufernähe verlaufen mußte. Von besonderer Bedeutung war dabei der Leinpfad, der wegen der örtlichen Verhältnisse jedoch nicht durchgehend vorhanden war. Um diese Stromstrecken überwinden zu können, mußte mit Menschenkraft getreidelt oder gerudert werden. Ein treffendes Bild über die Schiffahrtsverhältnisse auf dem Rhein erhalten wir aus einer Denkschrift aus dem Jahr 1825. Darin heißt es:

„Von Mainz bis Schreck (dies ist das heutige Leopoldshafen) wird die Fahrt wie

gewöhnlich mit vorgespannten Halfterpferden zurückgelegt. In Schreck muß aber die Ladung, die hier zu 2000 Zentner, gleich 100t, angeschlagen wird, auf wenigstens 2 Schiffe verteilt werden und zweiundfünfzig bis sechsundfünzig Mann übernehmen dann die Stelle der Pferde. Nachts um zwei Uhr ist die Mannschaft an die Schiffe angespannt und nun beginnt ein sehr mühsamer Zug, der oft seine Bahn durch das Wasser nehmen muß, das den Ziehenden bis an den Gürtel reicht. Dieser Zug dauert von der eben bezeichneten Stunde bis in die dunkle Nacht fort und wird im Tag nur durch vier reichliche Mahlzeiten unterbrochen. Nach acht günstigen Tagen, und bei widrigem Wind nach vierzehn Tagen wird endlich die Nähe von Straßburg erreicht. Zwei Stück, oder 2600 Flaschen Wein; anderthalb Ochsen; sechs- bis siebenhundert Brode; ein großes Quantum Gemüse etc. sind nun verzehrt und jeder der Halfleute erhält siebzehn Franken Lohn. Es muß bemerkt werden: daß das Verunglücken der Zugmannschaft nicht zu den ungewöhnlichen Ereignissen gehört".

Bis zum 19. Jahrhundert hat es zwar nicht an Versuchen gefehlt, örtliche Verbesserungen des Wasserweges vorzunehmen, diese beschränkten sich jedoch mit Ausnahme des Binger Lochs im wesentlichen auf den Ausbau und die Unterhaltung der Leinpfade.

Erstmalig wurde am Oberrhein in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts nach den Planungen des badischen Ingenieurs und Obersten TULLA großräumig in das Regime des Rheins eingegriffen. Die sogenannte Tulla'sche Rheinkorrektion hatte jedoch in erster Linie zum Ziel, den Hochwasserschutz in der Rheinniederung zu verbessern und die landwirtschaftliche Bewirtschaftung der ausgedehnten Überschwemmungsgebiete zu ermöglichen.

Durch Begradigen des Stromlaufs (Durchstiche) und Festlegen der Ufer wurde dieses Ziel weitgehend erreicht und darüber hinaus die Grundlage für die später folgende Niedrigwasserregulierung des Oberrheins zur Verbesserung der Schifffahrt geschaffen.

Am Mittel- und Niederhein wurden erst nach der Vereinigung eines großen Teils dieses Stromgebietes unter preußischer Staatshoheit (in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts) die Arbeiten zur Sicherung der Ufer und Verbesserung der Wasserstraße in verstärktem Maß in Angriff genommen. Im Jahr 1851 wurde die Rheinstrom-Bauverwaltung in Koblenz beauftragt, die Rheinregulierung durchzuführen. Damit begann der groß angelegte Ausbau von Wiesbaden abwärts bis hin zur holländischen Grenze (ca. 360 Strom-km). Es wurde ein umfassender Ausbauplan ausgearbeitet, der bei einem gemittelten Niedrigwasser von 1,50m am Pegel Köln (entspricht etwa dem heutigen GlW[1]) folgende Daten vorsah:

[1] Definition siehe Abschnitt 2.1

Strecke	Wassertiefe	Fahrrinnenbreite
Bingen–Oberwesel	2,00 m[2)]	90 m
Oberwesel–St. Goar	2,00 m[2)]	120 m
St. Goar–Köln	2,50 m	150 m
Köln–Holl. Grenze	3,00 m	150 m

[2] entspricht Fahrrinnentiefe = 1,70 m

Innerhalb von 50 Jahren wurden auf der Ausbaustrecke jene Buhnen und Parallelwerke errichtet, die heute noch zum weitaus überwiegenden Teil vorhanden und wirksam sind. In der Gebirgsstrecke mußten darüber hinaus für die damalige Zeit sehr schwierige Felsarbeiten ausgeführt werden, bei denen 33 000 m³ Fels unter Wasser gesprengt und abgeräumt wurden. Nach Abschluß dieser Arbeiten im Jahr 1900 waren die Ausbauziele weitgehend erreicht. Seit dieser Zeit wurden auf dieser Stromstrecke und darüber hinaus bis Karlsruhe bis zum Beginn des derzeitigen Ausbaus keine großräumigen Wasserbauprojekte mehr ausgeführt.

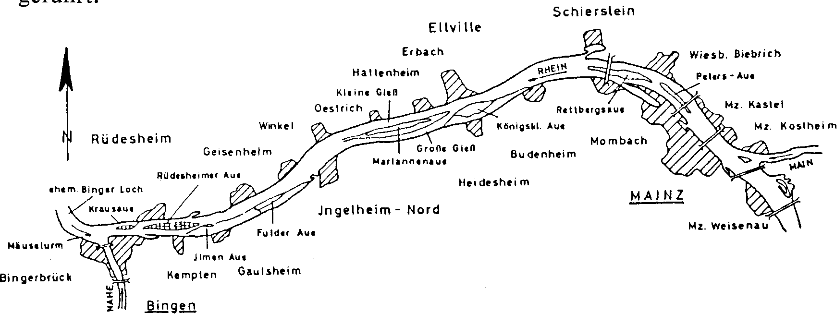


Abb. 2: Rheingaustrecke Mainz–Bingen

Ein besonders gefahrvoller Schiffahrtsengpaß war seit jeher der Bereich des B i n g e r L o c h s. Dort, beim Eintritt in das Rheinische Schiefergebirge, versperrte eine außerordentlich harte Quarzitrippe, das Binger Riff, dem Strom den Weg. Selbst in vielen Jahrtausenden konnte der Fluß den harten Fels nicht abtragen. Diese Quarzitrippe bildete ein natürliches Wehr, das sich quer über den Strom erstreckte und in der Regel zur Endstation für die Schiffahrt früherer Jahrhunderte wurde. Die Güter mußten entladen, auf dem Landweg über den Niederwald befördert und unterhalb bzw. oberhalb des Riffs wieder auf Schiffe verladen werden. Nur in der Talfahrt konnte es bei höheren Wasserständen unter Gefahr überfahren werden. Schon in der Römerzeit soll an der Schaffung einer Durchfahrt am Binger Riff gearbeitet worden sein. Auch KARL DER GROSSE und

Bischof SIEGFRIED VON MAINZ versuchten im 8./9. und 11. Jahrhundert, diese schwierige Stelle auszubauen. Erst im 17. Jahrhundert – nach Erfindung des Schießpulvers – gelang es, eine rund 7 m (20 Fuß) breite Öffnung in das Riff zu sprengen. Dieser Ausbau, der als die eigentliche Geburt des Binger Lochs angesehen werden kann, wurde von dem Frankfurter Handelshaus von Stockum – also von privater Seite – durchgeführt. Unter preußischer Verwaltung wurde 1830/32 das Binger Loch auf rund 23 m und 1893/94 auf 30 m verbreitert. 1894 war bereits jener Ausbauzustand des Binger-Loch-Fahrwassers am rechtsrheinischen Ufer erreicht, von dem der derzeitige Ausbau auszugehen hatte. Um der Schifffahrt neben dem Binger-Loch-Fahrwasser eine weitere Durchfahrtsmöglichkeit am Binger Riff zu schaffen, wurde zwischen 1860 und 1873 auf der linken Stromseite eine 2. Öffnung, das sogenannte „Linksrheinische Fahrwasser" ausgebaut und mit einem 1 km langen Parallelwerk gegen das Riff getrennt. Von 1925 bis 1932 wurden im Linksrheinischen Fahrwasser Korrekturarbeiten zur Vergrößerung der Wassertiefe vorgenommen, und zwar Beseitigung von Felsspitzen, Verbau von Übertiefen durch Grundschwellen und Verringerung der Fahrrinnenbreite von 94 m auf 60 m.

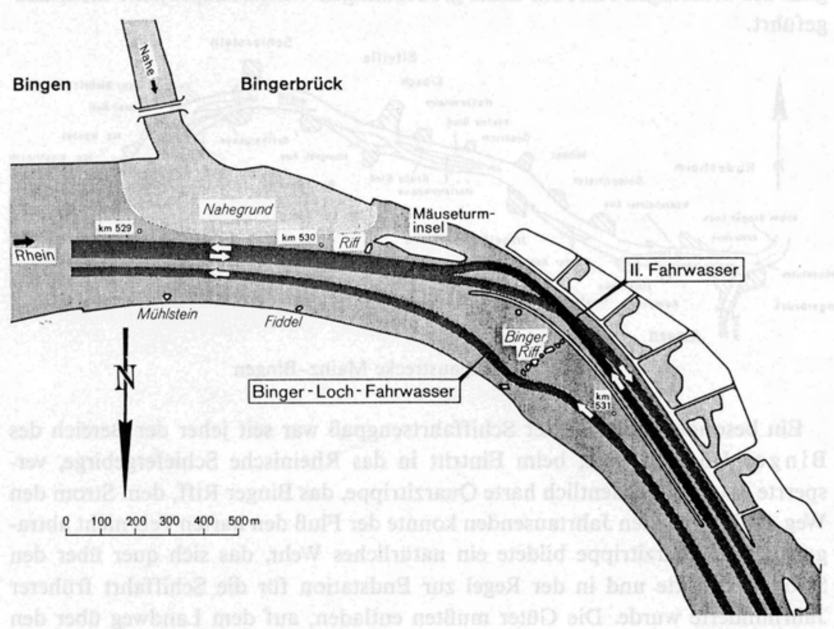


Abb. 3: Binger-Loch-Strecke – Zustand vor dem Ausbau

Die Bergschiffahrt benutzte in der Regel das Binger-Loch-Fahrwasser, die Talschiffahrt das Linksrheinische Fahrwasser. Überholmanöver waren praktisch

ausgeschlossen, so daß sich selbst bei normalen Verkehrsaufkommen immer wieder Stauungen ergaben. Außerdem mußte der Verkehr durch eine Wahrschauanlage auf dem Mäuseturm – vergleichbar mit Ampelanlagen im Straßenverkehr – geregelt werden. Die geschaffenen Verhältnisse konnten somit noch keinesfalls befriedigen. Die Rheinstrom-Bauverwaltung hatte daher bereits am Anfang dieses Jahrhunderts mehrere Verbesserungsvorschläge ausarbeiten lassen, unter anderem

— Entwurf von 1908, der die beiden Fahrwasser unverändert ließ und ein drittes, durch die Buhnenfelder des linken Ufers verlaufendes Fahrwasser mit einer Schleppzugschleuse vorsah
— Entwurf von 1914, der unter Belassung des Linksrheinischen Fahrwassers eine Verbreiterung des Binger Lochs auf 110 m vorsah.

Da aber die Auswirkungen dieser Projekte auf die Lage des Wasserspiegels, die Strömungsgeschwindigkeiten, die Veränderungen der Abflußverteilung und andere Fragen nicht verläßlich genug beurteilt werden konnten, wurden diese Entwürfe nicht ausgeführt.

2. Derzeitiger Ausbau am Mittelrhein

2.1 Allgemeines

Die überragende Bedeutung des Rheins als Binnenwasserstraße ist daran zu erkennen, daß von den 224 Millionen Tonnen Güter, die in der Bundesrepublik Deutschland z. B. im Jahr 1983 von der Binnenschiffahrt befördert wurden, allein 186 Millionen Tonnen also 83% auf dem Rhein transportiert wurden. Das entspricht rund 20% der gesamten Verkehrsleistung des innerdeutschen Güterverkehrs. Der Mäuseturm bei Bingen wurde 1983 von rund 70 000 Schiffseinheiten passiert, die rund 60 Millionen Tonnen Güter beförderten.

Der wesentliche Maßstab für den Ausbauzustand des Rheins ist die Fahrrinnentiefe beim „Gleichwertigen Wasserstand (GlW)“. Dies ist ein amtlich festgelegter Niedrigwasserstand, der im Jahresdurchschnitt an 20 eisfreien Tagen erreicht oder unterschritten wird. Anfang der 60er Jahre wurden folgende Fahrrinnentiefen unter GlW vorgehalten:

1,70 m vom staugeregelten Oberrhein bis St. Goar
2,10 m von St. Goar bis Köln
2,50 m von Köln bis zur Mündung

Die Tatsache, daß zwischen der Nordsee und dem Industriegebiet am Niederrhein einerseits und den großen Häfen am Oberrhein und den staugeregelten Nebenflüssen Main und Neckar andererseits ausgerechnet der mittlere Abschnitt des Rheins die geringste Tiefe aufwies, war wasserbaulich unbefriedigend und

für die Schiffahrt in hohem Grade unwirtschaftlich. Um die Wirtschaftlichkeit, die Sicherheit und die Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auf dem Rhein zu verbessern, wurde daher 1964 ein großräumiges Ausbauprojekt mit den beiden Hauptzielen

— Vergrößern der Fahrrinnentiefe zwischen St. Goar und dem staugeregelten Oberrhein (Staustufe Iffezheim) von 1,70 m auf 2,10 unter GIW
— Beseitigung von Eng- und Gefahrenstellen

begonnen. Damit soll die Ausbaustrecke hinsichtlich der vorzuhaltenden Fahrrinnentiefe an die unterhalb anschließende Stromstrecke St. Goar bis Köln angeglichen und die Schiffahrtsverhältnisse, insbesondere in der in nautischer Hinsicht sehr schwierigen Gebirgsstrecke (St. Goar – Bingen) verbessert werden.

Mit dem Rheinausbau wurde eine Flußregelung begonnen, die hinsichtlich Umfang und Schwierigkeit in Westeuropa eine Sonderstellung einnimmt. Durch die in den Strom eingelagerten Inseln, Gründe und Felsriffe und durch die zerklüftete Felssohle und die stark wechselnden Gefällsstufen bildet der Rhein, insbesondere in der Gebirgsstrecke und auch im Rheingau hinsichtlich Geometrie (Stromkrümmungen, Stromspaltungen, Sohlenbeschaffenheit usw.) und Fließverhalten (Abflußverteilung, Querströmungen, Uferwalzen, usw.) ein sehr komplexes System, in das nur behutsam eingegriffen werden sollte. Jeder Eingriff in ein Stromregime hat zur Zielerreichung beabsichtigte und nicht beabsichtigte, aber nicht ganz vermeidbare Wirkungen. Um die nicht beabsichtigten Wirkungen möglichst gering zu halten, muß bei jeder Flußregelungsmaßnahme versucht werden, mit minimalen Eingriffen das Ausbauziel zu erreichen. Nachregelungen sind dabei nie ganz auszuschließen und sollten von Anfang an in die Planungen einbezogen werden. Diesen Gesichtspunkten kommt in der heutigen Zeit infolge des gesteigerten Umweltbewußtseins besondere Bedeutung zu.

Wasserbautechnisch war bei dem Ausbau zwischen Stromstrecken mit

— beweglicher Sohle (Kiessohle) oberhalb von Bingen und
— fester Sohle (Felssohle) in der Gebirgsstrecke

zu unterscheiden.

In Stromstrecken mit beweglicher Sohle waren die vorhandenen Buhnen und Parallelwerkssysteme überall dort zu ergänzen oder umzukonstruieren, wo die für die Freigabe einer Fahrrinnentiefe von 2,10 m unter GIW erforderliche Wassertiefe nicht vorhanden war. Bei dieser Regelungsmethode wird durch Buhnen und Parallelwerke die abfließende Wassermenge auf einer geringeren Breite zusammengefaßt und so durch erhöhte Schleppkraft bewirkt, daß der Fluß sein Bett selbständig eintieft und auf dieser Tiefe erhält. Der Erfolg oder Mißerfolg einer Stromregelung hängt in erster Linie von der Größe der Regelungsbreite ab. Eine zu geringe Breiteneinschränkung führt nicht zu dem beabsichtigten Ausbauziel; während eine zu große Breiteneinschränkung unerwünscht hohe Schleppkraft und damit zu starke Erosionen erzeugt. Die Schwierigkeit für den

Wasserbauer besteht darin, die Regelungsbauwerke so anzuordnen und ihre Abmessungen so festzulegen, daß die erforderliche Wassertiefe innerhalb der Fahrrinne erreicht wird und somit kostspielige, wiederkehrende Baggerungen vermieden werden.

In der Gebirgsstrecke mit fester Sohle war eine andere Regelungsmethode anzuwenden. Dort soll die erforderliche Wassertiefe und ein ausgeglicheneres Gefälle durch zwei sich ergänzende Maßnahmen erreicht werden:

— Vertiefen der Felssohle in der Fahrrinne
— Bau von Buhnen und Parallelwerken und Verbau von Übertiefen (Aufhöhen der Stromsohle) zur Stützung des Wasserspiegels.

Der Schwerpunkt des Rheinausbaus liegt in der Gebirgsstrecke, wo bisher über 1 Million m^2 felsige Stromsohle vertieft wurden, und hier wiederum war der Ausbau der Binger-Loch-Strecke die wichtigste Teilmaßnahme.

2.2 Ausbau des Binger Lochs

2.2.1 Ursprüngliche Planung

In der Vergangenheit wurde befürchtet, daß der Wasserspiegel des Rheins durch eine großzügige Öffnung des Binger Riffs im oberhalb anschließenden Rheingau stark absinken würde. Da es heute möglich ist, die Auswirkungen wasserbaulicher Maßnahmen mit größerer Genauigkeit durch Modellversuche vorauszusagen, wurden mehrere Lösungsvorschläge für diese schwierige Stromstrecke bei der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) in Karlsruhe am Modell untersucht.

Für den Ausbau wurde vorgeschlagen:

— Die vorhandenen zwei Fahrwege auf 2,10 m unter GlW zu vertiefen,
— zwischen Längswerk und Binger Loch ein „Mittleres Fahrwasser“ mit einer Breite von 30 m aus dem Riff zu brechen.

Dabei sollten das Binger-Loch-Fahrwasser und das geplante Mittlere Fahrwasser dem Bergverkehr zur Verfügung stehen, während das Linksrheinische Fahrwasser den Talfahrern vorbehalten war. In der räumlichen Trennung der Verkehrswege wurde ein Vorteil für die Verkehrssicherheit dieser bisher gefährlichsten Stelle der deutschen Binnenwasserstraßen gesehen.

2.2.2 Ausbauplanung

Die ursprüngliche Planung ging von der damals voraussehbaren Strukturentwicklung der Binnenschiffsflotte aus. Es waren überwiegend Motorgüterschiffe vom Typ des Europaschiffes mit 1 350 t Tragfähigkeit, ein geringer Anteil Schubverbände und ein abnehmender Anteil Schleppzüge zu erwarten. Inzwi-

schen hatte sich die Schiffahrt auf dem Rhein schneller als erwartet weiterentwickelt. Die Abmessungen der Einzelfahrer und der Anteil der Schubschiffahrt hatten zugenommen. Der Transport gefährlicher Güter war stark angewachsen und die Continue- und Radarfahrt hatte an Bedeutung gewonnen. Versuchsfahrten mit 4-Leichter-Schubverbänden durch die Binger-Loch-Strecke hatten gezeigt, daß die Talfahrt solcher Verbände durch die drei schmalen Einzelfahrwasser nicht ohne weiteres möglich sein würde. Auch für die übrige Schiffahrt war eine weitergehendere Entschärfung dieses gefährlichen Schiffahrtsengpasses zur Erhöhung der Sicherheit und Verbesserung der Leichtigkeit des Schiffsverkehrs notwendig. Daher wurden die Modellversuche bei der BAW fortgesetzt mit dem Ziel, eine Ausbaulösung zu finden, die der neueren Entwicklung in der Schiffahrt Rechnung trägt und für die gesamte Binnenschiffahrt gleich günstige Verhältnisse schafft.

Die Versuche führten zu folgendem Ausbauvorschlag:

- Herstellen einer einzigen, mindestens 120 m breiten Fahrrinne durch entsprechende Erweiterung des Binger-Loch-Fahrwassers
- Verlängern des bestehenden Trennwerkes bis zur Mäuseturminsel und damit Änderung der Wasserverteilung zugunsten des Hauptstromarmes
- Verkürzen des Trennwerkes am unterstromigen Ende um rund 400 m, um ausreichende Breite für die Fahrrinne zu schaffen.

Die ursprüngliche Planung, die sich bereits seit 1970 in der Ausführung befand, wurde 1972 geändert und der Ausbau nach der neuen Lösung fortgesetzt. Die Vorteile der ausgeführten Lösung für die Schiffahrt sind im einzelnen:

- Durch die Zusammenfassung der drei Einzelfahrwasser zu einer mindestens 120 m breiten Fahrrinne haben sich im Binger-Loch-Bereich optimale Verhältnisse für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs ergeben.
- Die Fahrrinnenbreite von 120 m entspricht der Regelbreite der Fahrrinne der übrigen Gebirgsstrecke und machte zudem die Wahrschaustation am Mäuseturm entbehrlich. Der gefährliche Schiffahrtsengpaß Binger Loch wurde damit beseitigt.
- Der Verkehr mit 4-Leichter-Schubverbänden ist möglich.
- Die Voraussetzungen für die Einführung der uneingeschränkten Schiffahrt bei Nacht und unsichtigen Wetter wurden verbessert.
- Die Gefällestufe am Binger Riff wurde vermindert; es hat sich ein ausgeglichenes Gefälle eingestellt.
- Die Strömungsgeschwindigkeiten im Riffbereich wurden verringert und die Querströmungen in der Fahrrinne beseitigt.

2.2.3 Bauausführung

Vor Beginn der Bauarbeiten in der engeren Binger-Loch-Strecke im Jahre 1970

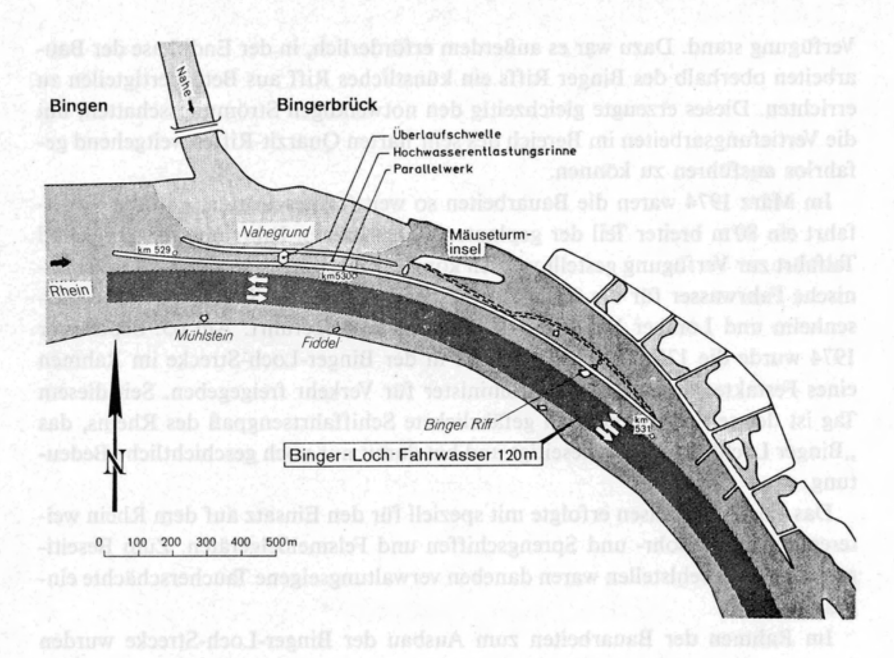


Abb. 4: Binger-Loch-Strecke – Ausbauzustand 1974

mußten folgende im Zusammenhang stehende Baumaßnahmen, die bereits 1966 begonnen wurden, abgeschlossen sein:

— Vertiefen der Fahrrinne oberhalb der Nahemündung, um die zu erwartenden Wasserspiegelabsenkungen in diesem Bereich aufzufangen.
— Teilweiser Verbau des Abflußquerschnittes durch Unterwasserinseln um die Krausaue und um die Rüdesheimer Aue auf der Stromstrecke zwischen Bingen und Rüdesheim zur Verminderung der Wasserspiegelabsenkung.
— Verbau von Übertiefen unterhalb des Binger Riffs durch den Einbau von Natursteinen; dadurch wurde das Unterwasser angehoben. In Verbindung mit der Absenkung des Wasserspiegels oberhalb des Riffs führten diese Maßnahmen zu einer Verminderung des Gefällesprunges von bisher 80 cm auf 40 cm.
— Räumen der Ausbaustrecke von Bomben. Im Baubereich mußte mit zahlreichen Bombenblindgängern gerechnet werden, da der nahegelegene Verschiebebahnhof Bingerbrück im Zweiten Weltkrieg zu den bevorzugten Zielen alliierter Bombenangriffe zählte.

Nachdem diese Arbeiten abgeschlossen waren, konnte 1970 mit dem Ausbau begonnen werden. Die Ausbaustrecke war dabei jeweils so in Baufelder eingeteilt, daß die durchgehende Schiffahrt so wenig wie möglich beeinträchtigt wurde und eine Fahrrinnentiefe von 1,70 m unter GIW während der gesamten Bauzeit zur

Verfügung stand. Dazu war es außerdem erforderlich, in der Endphase der Bauarbeiten oberhalb des Binger Riffs ein künstliches Riff aus Betonfertigteilen zu errichten. Dieses erzeugte gleichzeitig den notwendigen Strömungsschatten, um die Vertiefungsarbeiten im Bereich des sehr harten Quarzit-Riffes weitgehend gefahrlos ausführen zu können.

Im März 1974 waren die Bauarbeiten so weit fortgeschritten, daß die Schifffahrt ein 80 m breiter Teil der geplanten 120 m breiten Fahrrinne für Berg- und Talfahrt zur Verfügung gestellt werden konnte. Gleichzeitig wurde das Linksrheinische Fahrwasser für die Schiffahrt gesperrt und in der Strecke zwischen Geisenheim und Lorcher Werth der Rechtsverkehr eingeführt. Am 05. September 1974 wurde die 120 m breite Fahrrinne in der Binger-Loch-Strecke im Rahmen eines Festaktes durch den Bundesminister für Verkehr freigegeben. Seit diesem Tag ist der seit Jahrhunderten gefährlichste Schiffahrtsengpaß des Rheins, das „Binger Loch", endgültig beseitigt und hat damit nur noch geschichtliche Bedeutung.

Das Lösen des Felsen erfolgte mit speziell für den Einsatz auf dem Rhein weiterentwickelten Bohr- und Sprengschiffen und Felsmeißelgeräten. Zum Beseitigen von Einzelfehlstellen waren daneben verwaltungseigene Taucherschächte eingesetzt.

Im Rahmen der Bauarbeiten zum Ausbau der Binger-Loch-Strecke wurden von 1966 bis 1974 zwischen Rüdesheim und Aßmannshausen 520 000 m^2 überwiegend felsige Stromsohle vertieft, wobei 600 000 m^3 Fels gelöst und gebaggert werden mußten. Darüber hinaus waren 420 000 m^2 Unterwasserinseln zur Querschnittsverengung zu schütten und 76 000 m^3 Wasserbausteine als Sohlenaufhöhung einzubauen. Die Kosten für diese Ausbauarbeiten betrugen 44 Millionen DM.

3. Derzeitige Ausbauergebnisse

Am 01. Januar 1977 wurde der Schiffahrt zwischen St. Goar und Mannheim eine neue Fahrrinne mit einer Tiefe von 1,90 m unter GIW und 120 m Breite – mit begrenzten, örtlichen Fehlbreiten (z. B. Wildes Gefähr 90 m, Geisenheim 80 m) – zur Verfügung gestellt. Am 01. Juni 1978 konnte zwischen Mainz und Mannheim eine Fahrrinnentiefe von 2,10 m unter GIW freigegeben werden, der am 01. Januar 1980 die Freigabe der Fahrrinnentiefe von 2,10 m unter GIW zwischen Mannheim und Karlsruhe folgte.

Zwischen dem staugeregelten Oberrhein und der Mündung des Rheins werden derzeit folgende Fahrrinnentiefen vorgehalten:

2,10 m von Iffezheim bis Mainz
1,90 m von Mainz bis St. Goar

2,10 m von St. Goar bis Köln
2,50 m von Köln bis zur Mündung

Hinsichtlich der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs ist das Ausbauziel voll erfüllt und hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit eine wesentliche Steigerung erreicht worden. Die beiden gefährlichsten Schiffahrtsengpässe Binger Loch und Wildes Gefähr sind beseitigt; die dort vorhandenen Gefällstufen wurden abgebaut und weitgehend an das Wasserspiegelgefälle der übrigen Gebirgsstrecke angeglichen. An der Wirbelley und an den engen, unübersichtlichen Stromwindungen zwichen Oberwesel und St. Goar wurden die Krümmungsradien vergrößert und Kurvenverbreiterungen vorgenommen. Damit konnten die Nachtfahrt zu Tal und der Verkehr mit 4-Leichter-Schubverbänden auf der Gebirgsstrecke unter bestimmten Bedingungen frei gegeben werden.

Diese Verbesserungen haben infolge der seit Beginn des Ausbaus im Jahr 1964 eingetretenen Veränderungen der Flottenstruktur hin zu größeren Schiffseinheiten und Verbänden und der Veränderungen des Schiffsbetriebes hin zur Continue- und Radarfahrt an Bedeutung gewonnen. Vor Freigabe einer Fahrrinnentiefe von 2,10 m unter GlW zwischen St. Goar und Mainz sind Nachregelungsarbeiten im Rheingau und in der Gebirgsstrecke und hier insbesondere in der Binger-Loch-Strecke notwendig.

4. Nachregelung der Mittelrheinstrecke

4.1 Allgemeines

Wasserbautechnisch ist auch bei der Nachregelung zwischen Stromstrecken mit
— beweglicher Sohle im Rheingau (Bingen – Mainz) und
— fester Sohle in der Gebirgsstrecke (St. Goar – Bingen)
zu unterscheiden.

Im Rheingau sind im derzeitigen Ausbauzustand im Bereich von Stromspaltungen (Mariannenaue, Rüdesheimer Aue) Ablagerungstendenzen von Sand und Feinkies festzustellen, die zu einer Beeinträchtigung der Fahrrinnentiefe von 1,90 m unter GlW oder zur Einschränkung der Fahrrinnenbreite führen. Sie geben damit Aufschlüsse über notwendige Nachregelungsmaßnahmen zum Erreichen einer Fahrrinnentiefe von 2,10 m unter GlW.

Die Anwendung der klassischen Regelungsmethode, den Abfluß durch Buhnen und Parallelwerke auf eine geringere Breite zusammenfassen und damit eine begrenzte Erosion auszulösen, ist hier aus folgenden Gründen nicht sinnvoll:
— geringes Wasserspiegelgefälle
— beschränkter Raum für die erforderlichen Bauwerke im Hauptstromarm

— Änderung der Abflußverteilung zugunsten des Nebenstromarmes
— hoher Kostenaufwand.

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand ist eine Änderung der Abflußverteilung zugunsten des Hauptstromarmes durch Verbau (ganz oder teilweise) des oberstromigen Endes des Nebenstromarmes als technisch beste Lösung anzusehen.

In der Gebirgsstrecke ist zum Erreichen einer Fahrrinnentiefe von 2,10 m unter GIW vor allem Fels in der Fahrrinne zu beseitigen. Daneben sind wasserbauliche Regelungsmaßnahmen mit dem Ziel einer Wasserspiegelanhebung aus folgenden Gründen anzustreben:
— Kosten- und Zeitersparnisse durch Reduzierung der Vertiefungsflächen
— Minderung bzw. Vermeidung von Wasserspiegelabsenkungen.

Schwerpunkte der Regelungsmaßnahmen könnten Änderungen der Abflußverteilung in den Stromspaltungen (Lorcher Werth, Bacharacher Werth, Kauber Werth) sein.

4.2 Nachregelung der Binger-Loch-Strecke

Im Bereich der Binger Reede, dies ist der Stromabschnitt zwischen der Nahemündung und Rüdesheim, ist die vorzuhaltende Fahrrinnentiefe von 1,90 m unter GIW zuzüglich einer Tiefenreserve von 20 cm nur knapp vorhanden. In der

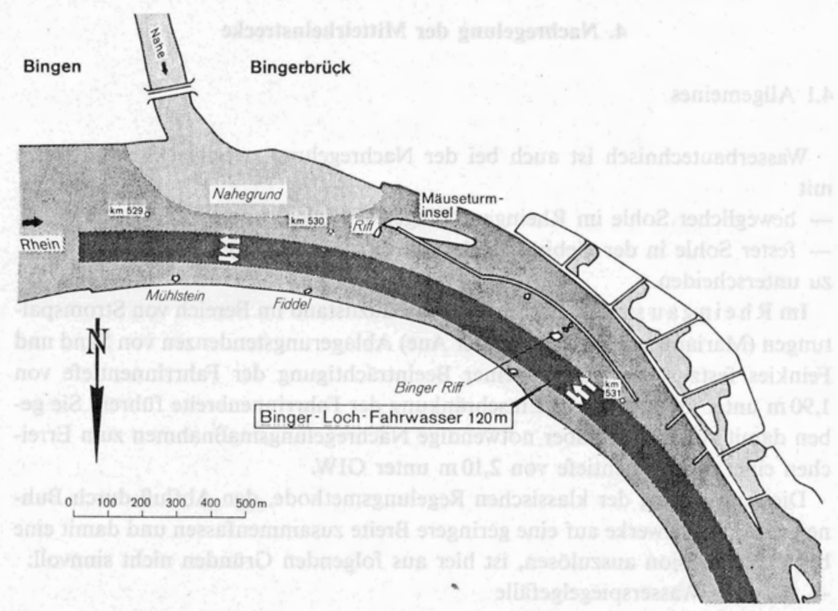


Abb. 5: Binger-Loch-Strecke – Zustand nach dem Ausbau mit geplanter Nachregelung

übrigen für 1,90 m unter GIW freigegebenen Strecke zwischen St. Goar und Mainz liegt die Stromsohle großflächig mindestens 10 cm tiefer. Damit ist die Binger Reede zur Zeit abladebestimmend für die gesamte durchgehende Schifffahrt zwischen Rotterdam und Karlsruhe. Es ist geplant, diesen Engpaß durch Vergrößern der Wassertiefen im Niedrig- und Mittelwasserbereich zu beseitigen. Eine Vergrößerung der Wassertiefe kann durch
— Anheben der Wasserspiegellagen mit Hilfe von Regelungsbauwerken oder
— Vertiefen der Stromsohle
erreicht werden.

Im vorliegenden Fall fiel die Entscheidung zugunsten der Wasserspiegelanhebung, da dies die wasserbaulich günstigste, umweltfreundlichste und wirtschaftlichste Lösung darstellt. Die Sohlenvertiefung wird aus wasserbaulichen Gründen (Absenkung der Wasserspiegellagen bis in den Rheingau), wegen der größeren Umweltbelastung und aus Kostengründen verworfen.

Bei der Wasserspiegelanhebung waren folgende Zielsetzungen und Randbedingungen zu berücksichtigen:
— größtmögliche Anhebung der Wasserspiegellagen im Niedrig- und Mittelwasserbereich
— keine unzumutbare Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit für die Schifffahrt
— möglichst geringe Beeinträchtigung der Schiffahrt durch Querströmungen
— keine Anhebung der Hochwasserspiegellagen
— geringstmögliche Umweltbelastung

Als optimale Lösung hat die Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe unter diesen Randbedingungen aufgrund physikalischer Modellversuche ein Regelungssystem ermittelt, das folgende Baumaßnahmen vorsieht:
— Bau eines Parallelwerkes aus Wasserbausteinen von Rhein-km 528,8 bis Rhein-km 531,0 entlang der linksrheinischen Fahrrinnenbegrenzung, das im Zusammenhang mit dem Nahegrund eine Anhebung des Wasserspiegels im Bereich der Binger Reede bewirkt. Das Parallelwerk hat eine Kronenbreite von 2,00 m, die Böschungsneigungen betragen nach der Fahrrinnenseite 1 : 4 und zum linken Ufer 1 : 3. Die Kronenoberkante ist abhängig von der Höhenlage des Nahegrundes und liegt im Mittel ca. 0,75 m über dem Ausbauwasserstand (AW 81 ≙ dem durch die Nachregelung im Hauptstromarm zu erwartenden Wasserstand bei einem Abfluß von GlQ = 750 m^3/s).
— Herstellen einer Hochwasserentlastungsrinne von Rhein-km 529,0 bis Rhein-km 530,1 zwischen Nahegrund und Parallelwerk zur Verbesserung des Hochwasserabflusses.
— Bau einer Überlaufschwelle aus Wasserbausteinen bei Rhein-km 529,3 km in der Hochwasserentlastungsrinne zum Anheben der Wasserspiegellagen im Niedrig- und Mittelwasserbereich ohne Anheben der Hochwas-

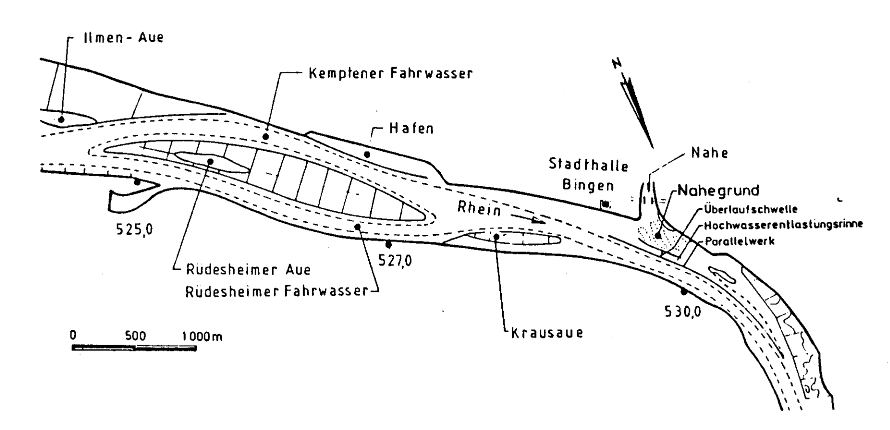


Abb. 6: Nachregelung der Binger-Loch-Strecke (WSA Bingen)

serspiegellagen. Die Kronenbreite der Überlaufschwelle beträgt 2,00 m. Die Kronenoberkante liegt auf der Höhe 0,75 m über AW 81 (dies entspricht etwa der mittleren Höhenlage des Nahegrundes).

Nach den Ergebnissen der Modellversuche beträgt die Anhebung des Wasserspiegels am Pegel Bingen (Binger Reede) bei einem Abfluß von

GlQ = 750 m³/s: h = + 22 cm
HQ_{70} = 6700 m³/s: h = 0 cm

Von der Stadt Bingen aus wird das Parallelwerk an etwa 50 Tagen im Jahr in einer Höhe von 1 cm bis 60 cm sichtbar sein.

Aufgrund eines Einspruchs der Stadt Bingen wurden 2 Gutachter (Prof. MÜRB und Prof. Dr.-Ing. MOCK von der technischen Hochschule Darmstadt) beauftragt, die Ausbauplanung der Wasser- und Schiffahrtsverwaltung (WSV) zu überprüfen.

Die Gutachter schlagen im wesentlichen vor, das von der WSV geplante Regelungssystem beizubehalten und zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit das Parallelwerk (Leitwerk) und den Nahegrund auszuformen.

5. Schriftenverzeichnis

FELKEL, K. (1961): Strombau-Geschichte der Binger-Loch-Strecke des Rheins. – Beitr. z. Rheinkunde, Heft 12:26–44.

GELINSKY, P. (1951): Ausbau des Rheines vom Main bis zur niederländischen Grenze. – in: Der Rhein. Ausbau, Verkehr, Verwaltung. Verlag Rhein, Duisburg.

LANGSCHIED, K. (1977): Wasserbauliche Maßnahmen in der Gebirgsstrecke des Rheins zwischen Bingen und St. Goar. – Binnenschiffahrt und Wasserstraßen,Heft 4.

SPIESS, K. (1951): Ausbau des Rheins vom Bodensee bis zum Main. – in: Der Rhein. Ausbau, Verkehr, Verwaltung. Verlag Rhein, Duisburg.

Anschrift des Autors: Baudirektor KARL LANGSCHIED, Im Bangert 12 a, 6530 Bingen

Beitrag eingegangen am: 20. 9. 1988